الكيمياء الحيوية

By : Mustafa Ahmed

ثالثًا : البروتينات

Proteins

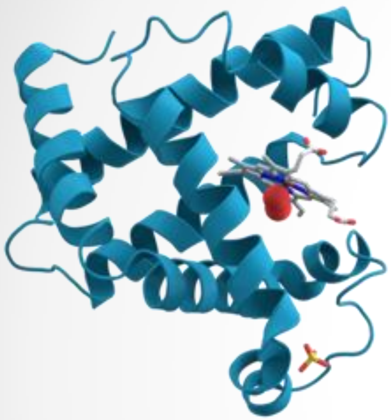
تقسيم الباب :

١- تعريف البروتينات
٢- أهمية البروتينات
٣- الأحماض الأمينية (تعريفها ، تركيبها ، عددها ، تصنيفها)
٤- تصنيف البروتينات (على حسب الخواص الفيزيائية ، على حسب الوظيفة الحيوية)
٥- البنية التركيبية لجزيئات البروتينات (الأولى ، الثانوي ، الثلاثي ، الرباعي)

١ ـ تعريفها

هي جزيئات حيوية ضخمة تتكون من سلسلة أو أكثر من الأحماض الأمينية و تقوم بوظائف كثيرة ومتنوعة داخل أجسام الكائنات.

٢ ـ أهمية البروتينات



١ ـ بناء الأنسجة الجديدة وتعويض الأنسجة التالفة.

٢ ـ تدخل فى تركيب الإنزيمات.

٣ـ تدخل فى تركيب الأجسام المضادة التى تكسب الجسم مناعة ضد مسببات الأمرض.

٤ ـ تساهم فى إمداد الجسم بالطاقة.

٥ـ تساهم فى تدعيم الجسم من خلال الدعامات والمفاصل فى الهيكل الخلوي.

٦ ـ تدخل فى تكوين الهرمونات مثل الإنسولين.

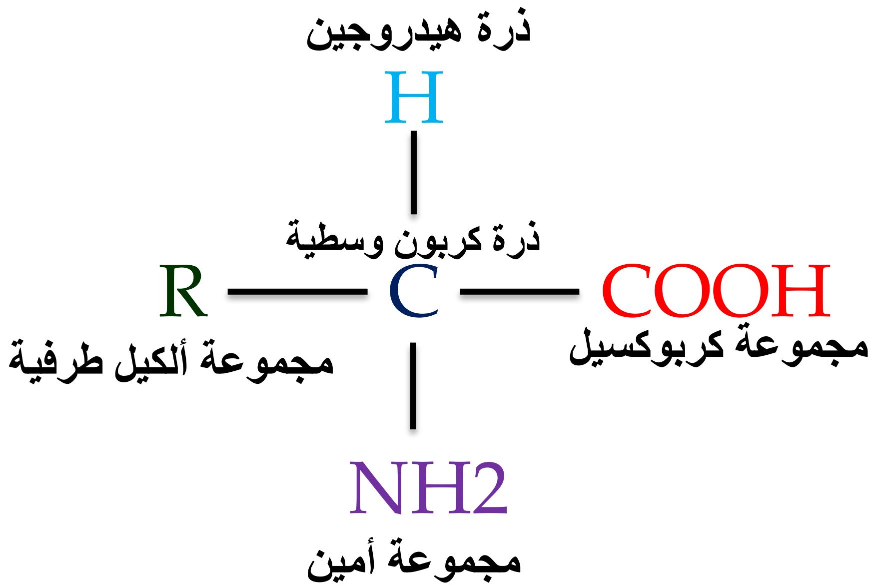
٧ـ تشارك فى جميع العمليات الخلوية بما فيها تنظيم الوظائف الخلوية كنقل الإشارات الخلوية والإستعانة بالإنزيمات فى تحفيز التفاعلات.

٣ـ الأحماض الأمينية

تعريفها

هى الوحدة البنائية الأساسية فى تكوين البروتينات

تركيبها



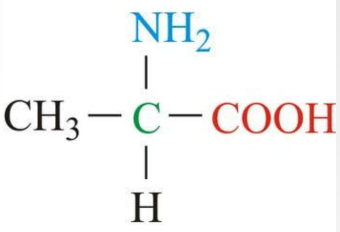
عددها

يوجد ٢٠ نوع من الأحماض الأمينية والتى ترتبط بأشكال واعداد وتراتيب مختلفة بواسطة روابط ببتيدية لتكوين سلاسل طويلة تسمى «عديد الببتيد» والتى بدورها ترتبط مكونة وحدات أكبر وأعقد هي «البروتينات».

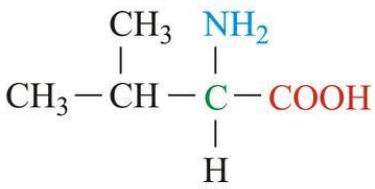
تصنيفها

١ـ أحماض أمينية ذات سلاسل طرفية غير قطبية (كارهة للماء) مثل :

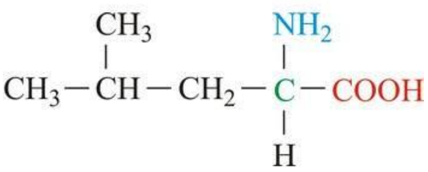
الألنين ، فالين ، ليوسين أيزوليوسين ، برولين ، مثيونين ، فنيل الألنين ، تربتزفان



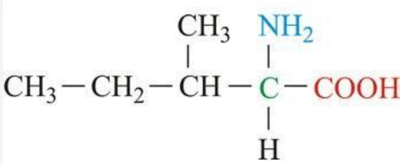
تركيب حمض الألنين



تركيب حمض الفالين



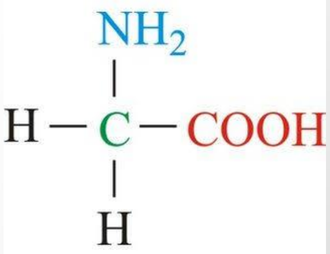
تركيب حمض اللليوسين



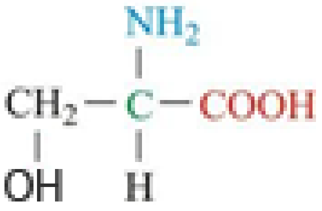
تركيب حمض الأيزوليوسين

٢ـ أحماض أمينية ذات سلاسل طرفية قطبية (محبة للماء) مثل :

جليسين ، سيرين ، ثريونين ، سستين ، تيروسين ، أسبارجين ، جلوتامين



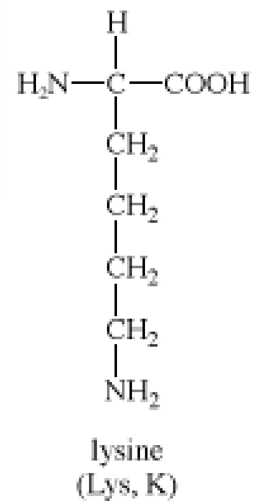
تركيب حمض الجليسين



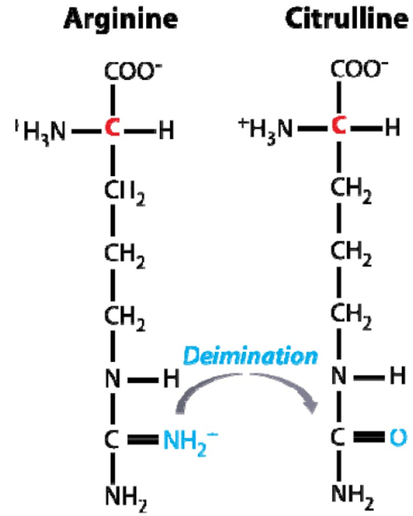
تركيب حمض السيرين

٣- أحماض أمينية قاعدية مثل :

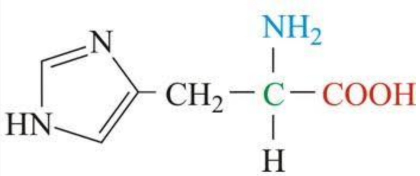
لايسين ، أرجنين ، هستدين ، سترولين



تركيب حمض اللايسين



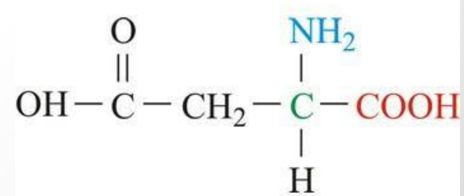
تركيب حمضي الأرجنين و السترولين



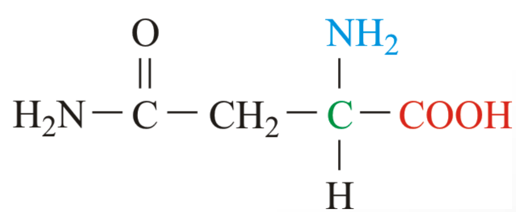
تركيب حمض الهستدين

٤- أحماض أمينية حامضية مثل :

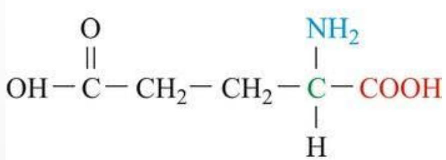
الاسبارتيك ، الأسباراجين ، الجلوتاميك ، الجلوتامين



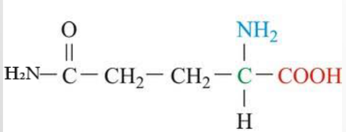
تركيب حمض الاسبارتيك



تركيب حمض الأسباراجين



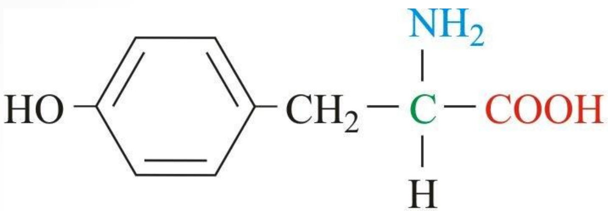
تركيب حمض الجلوتاميك



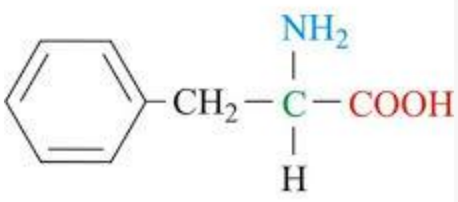
تركيب حمض الجلوماتين

٥- أحماض أمينية متعادلة عطرية مثل :

الفينايل ألانين ، التيروزين



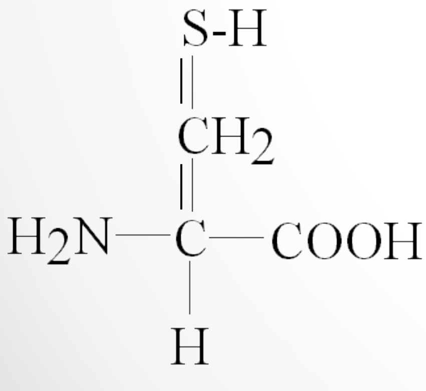
تركيب حمض التيروزين



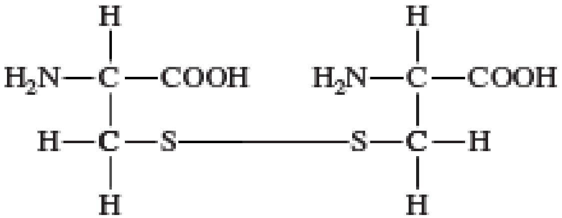
تركيب حمض الفينايل ألانين

٦- أحماض أمينية متعادلة كبريتية مثل :

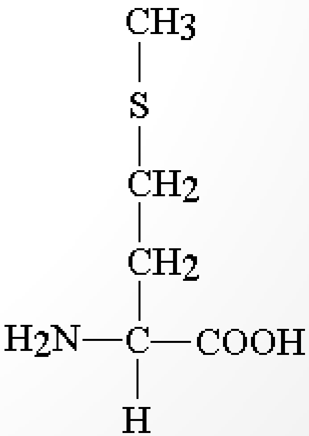
الميثيونين ، السستين ، السستينين



cysteine



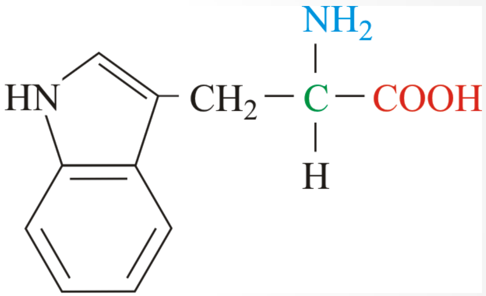
cystine
(Cys-S-S-Cys, C-C)



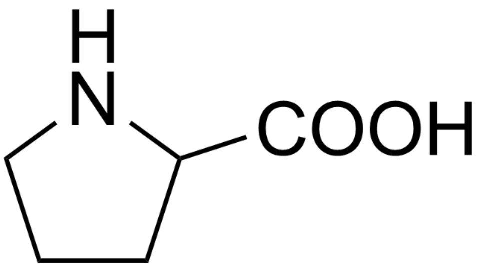
methionine

٧- أحماض أمينية متعادلة ذات حلقة غير متجانسة مثل :

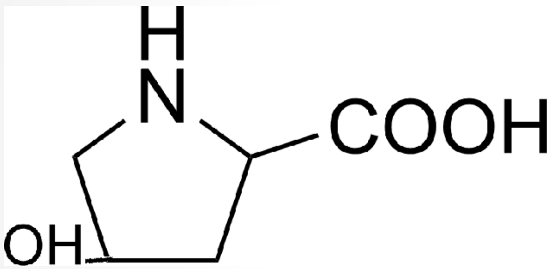
التربتوفان ، البرولين ، الهيدروكسي برولين



تركيب حمض التربتوفان



تركيب حمض البرولين



تركيب حمض الهيدروكسي برولين

٤ـ تصنيف البروتينات

أولًا: على حسب الخواص الفيزيائية

بروتينات كروية

تذوب فى المحاليل الملحية
تمتاز بكثرة إلتفافها مكونة أشكال كروية
لها القدرة على الحركة
أمثلة (الإنزيمات وبروتينات الدم «الهيموجلوبين + الألبيومين»)

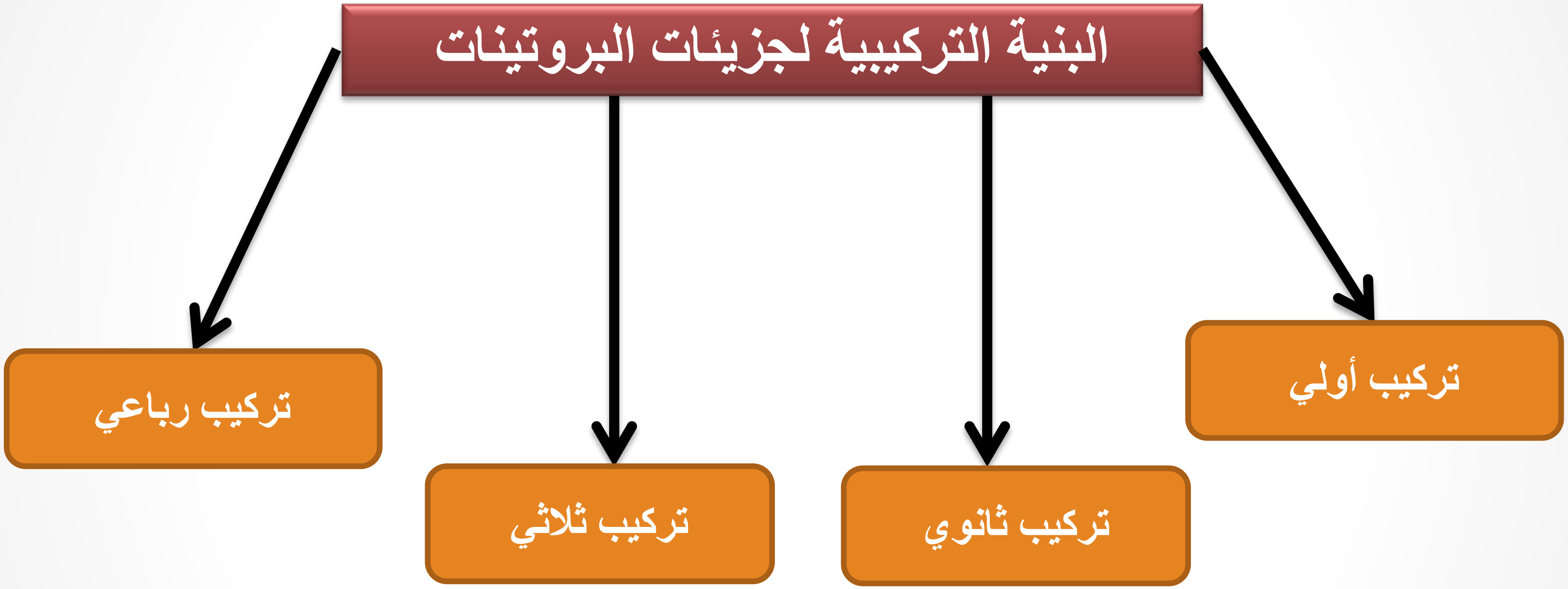
بروتينات ليفية

لا تذوب فى الماء
تمتاز بكثافة قوامها
أمثلة (جميع الاغشية الواقية فى الكائن الحي كالشعر والريش والجلد والأظافر...الخ)

ثانيًا: على حسب وظيفتها الحيوية

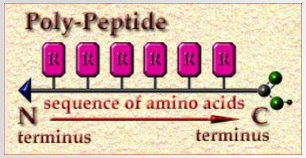
- انزيمات
- بروتينات ناقلة
- بروتينات تركيبية
- بروتينات وقائية
- بروتينات هرمونية
- سموم

٥ـ البنية التركيبية لجزيئات البروتينات



من الممكن أن نسميها (مراحل تكوين البروتين)

أولًا: التركيب الأولي للبروتينات



تعريفه

عبارة عن تسلسل (تتابع) الأحماض الأمينية فى سلسلة خطية مرتبة ومرتبطة ببعضها بواسطة روابط ببتيدية.

ملاحظات

١ ـ إذا تكونت روابط ببتيدية بين الأحماض الأمينية تكونت سلسلة تسمى (عديد الببتيد أو البولي ببتيد).

٢ ـ مثل أيّ سلسلة لها طرفين فإن سلسلة عديد الببتيد لها طرفين تبدأ من الطرف الأميني وتنتهي بالطرف كربوكسيلي.

٣ ـ العمود الفقري للسلسلة الببتيدية : هو جميع الذرات المكونة لهذه السلسلة ماعدا السلاسل الجانبية الخاصة بمجموعة الألكيل (R Groups).

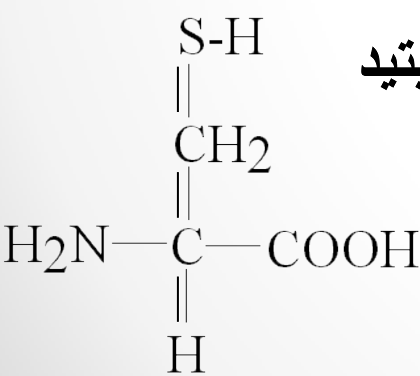
أى أن العمود الفقري للسلسلة الببتيدية هو (<u>مجموعة أمين</u> طرفية حرة واحدة + <u>مجموعة كربوكسيل</u> طرفية حرة واحدة).

الروابط المسئولة عن تكوين التركيب الأولي للبروتين

١ ـ روابط ببتيدية

٢ ـ روابط ثنائية الكبريتيد

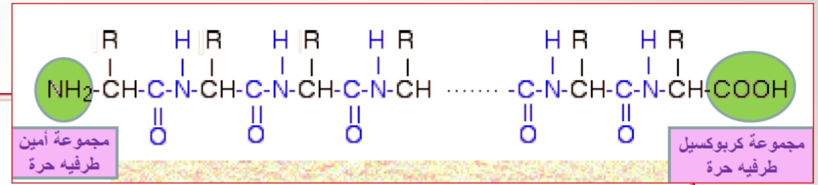
وهي روابط تساهمية قوية لا تتأثر بالتسخين

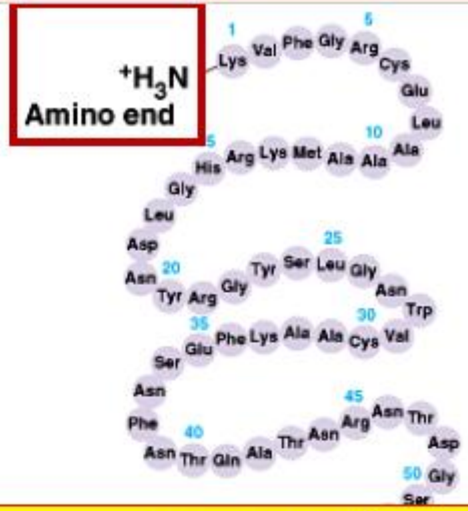


الروابط ثنائية الكبريت : هي روابط تتكون بين ٢ من السستينين فى نفس السلسلة وتحديدًا بين مجموعتي السلفهايدرل (SH) الموجودة على السلسلة الجانبية لكل سيستينين.

للتذكير : السستينين هو أحد الأحماض الأمينية متعادلة الكبريت

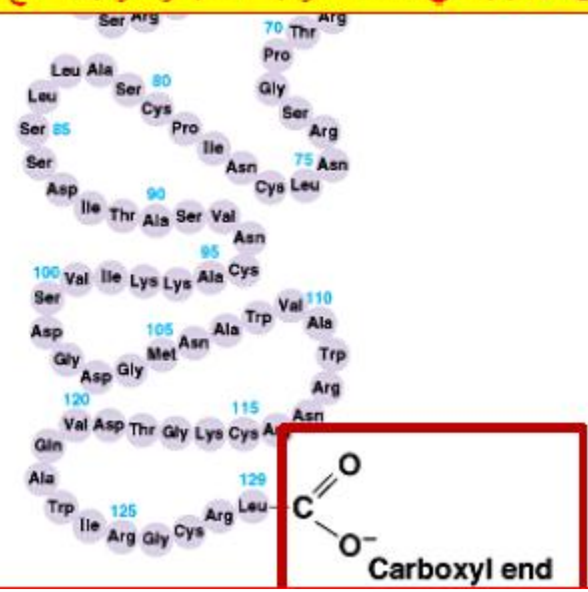
cysteine



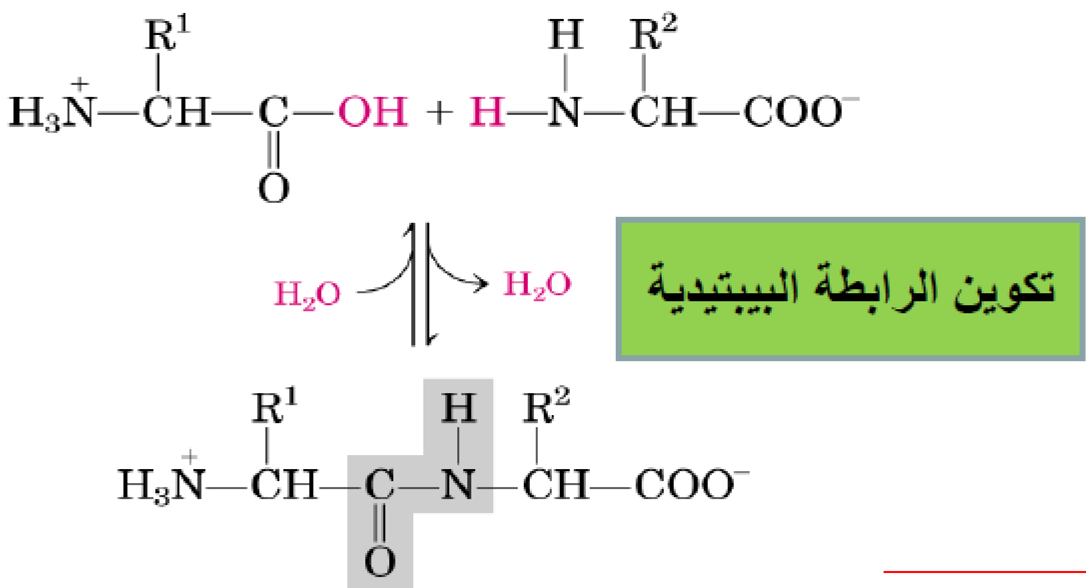


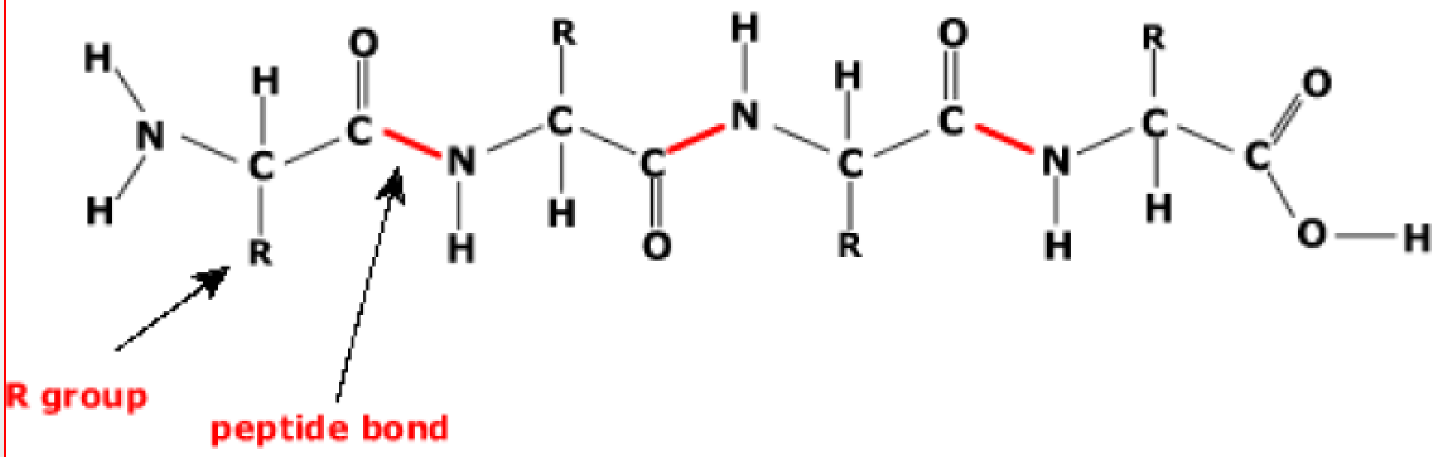
I. التركيب الأولي للبروتين

عبارة عن تسلسل الأحماض الأمينية في سلسلة مرتبة خطياً و مرتبطة مع بعضها البعض بروابط بيتيدية .



توضيح كيفية تكوين الرابطة الببتيدية فى التركيب الأولي



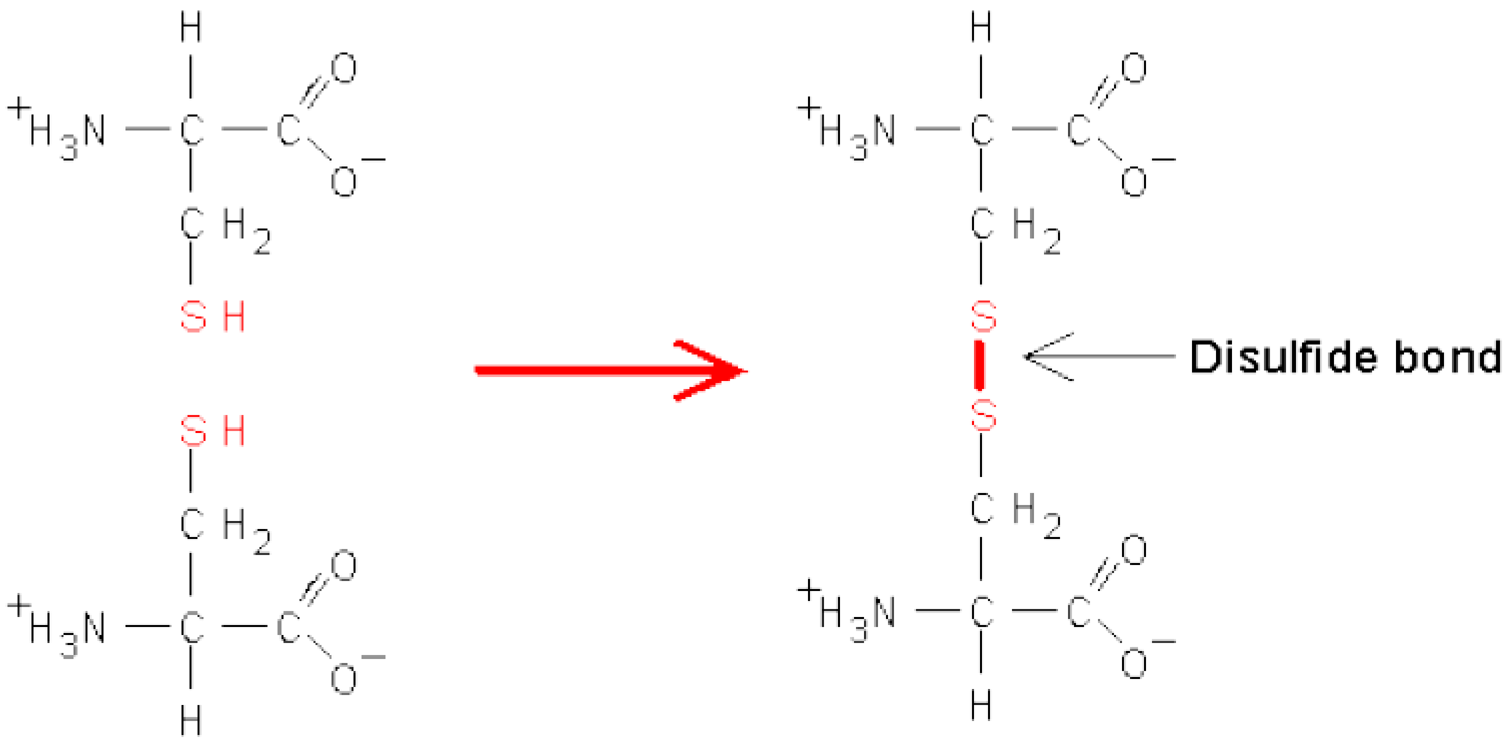


توضيح كيفية تكوين الرابطة ثنائية الكبريت فى التركيب الأولي

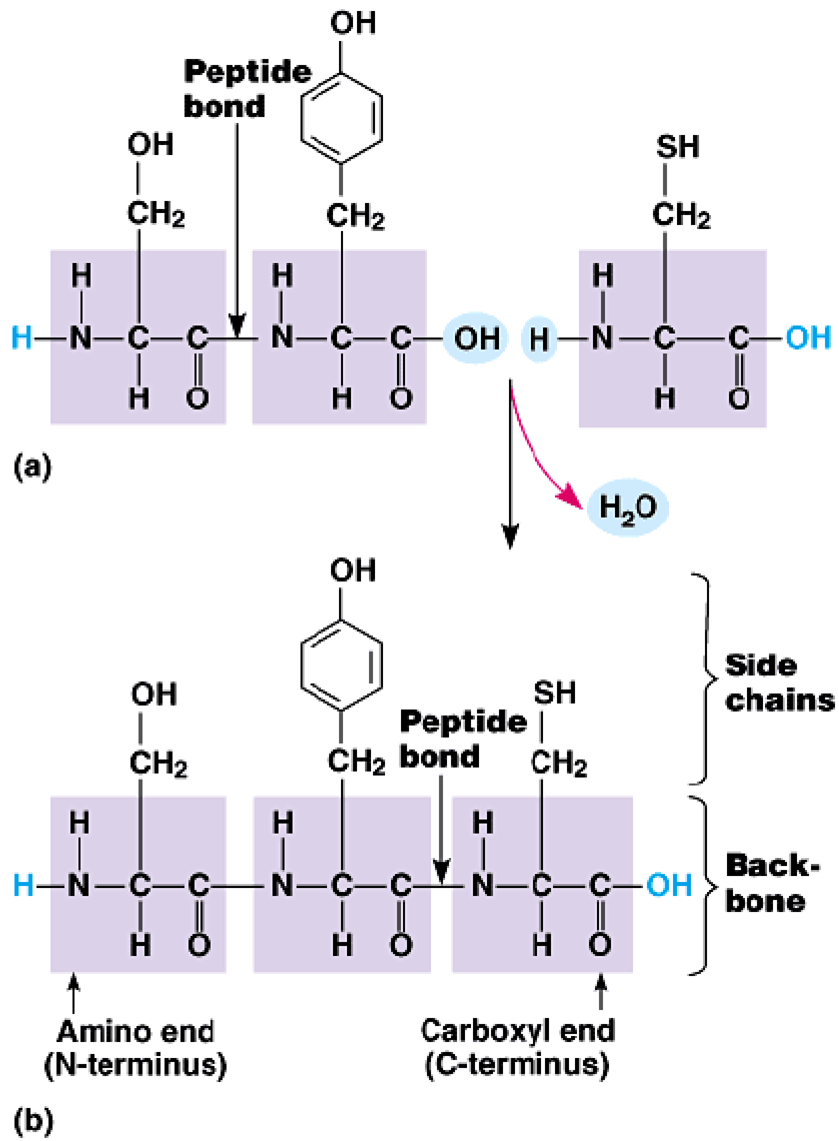
$Protein_1$- CH_2 – SH + SH – CH_2- $Protein_1$ + ½ O_2

↓ أكسدة

- $Protein_1$- CH_2 - S – S- CH_2 – $protein_1$ + H_2O



العمود الفقري وتكوين رابطة الببتيد



- انتزاع جزيء ماء من حمضين أمينين لتكوين رابطة بيبتيدية بينهما
- كل جزيء واحد من الماء ينتزع يقابله تكوين رابطة بيبتيدية واحدة <u>فقط</u>

العمود الفقري للسلسلة البيبتيدية

(المنطقة المظللة)

ثانيًا: التركيب الثانوي للبروتينات

❑ ينتج التركيب الثانوي للبروتين من إلتفاف أو طي السلسلة متعددة البيبتيد.

- التركيب الثانوي قد ينتج عن عملية إلتفاف للسلسلة البيبتيدية عندها يكون البروتين ذو تركيب حلزوني يسمى بحلزون ألفا.
- التركيب الثانوي قد يينتج من طي في السلسلة البيبتيدية مما يؤدي الى تركيب يسمى بالصفيحة المطوية.
  - ينتج الإلتفاف أو الطي من تكون روابط هيدروجينية بين مناطق محددة في السلسلة المتعددة البيبتيد

تعريفه

هو التركيب الناتج عن الارتباطات المنتظمة المتكررة (روابط هيدروجينية) بين ذرات العمود الفقري لسلسلة واحدة من عديد الببتيد.

(أو)

الهيئة التى تتخذها سلاسل عديد الببتيد.

الأشكال الهندسية المختلفة للتركيب الثانوي والبروتينات التى تحتوى عليها

1. المنحنى الحلزوني (α) ← الموجود في الكيراتين α.
2. أشكال β أو التركيب β أو الصفائح المطوية. ← الموجود بروتين الحرير Fibroin
3. المنحنى الحلزوني الكولاجيني ← الموجود في الكولاجين.

البروتينات التي تحتوي على التراكيب الثانويه التالية:

المنحنى الحلزوني (α)، أو الصفائح المطوية، أو المنحنى الحلزوني الكولاجيني

هي

بروتينات ليفية

❖ البروتينات الليفية هي جزيئات مكونة من ألياف طويلة ممتدة تركيبها الثانوي هو نوع واحد فقط من التراكيب التالية:

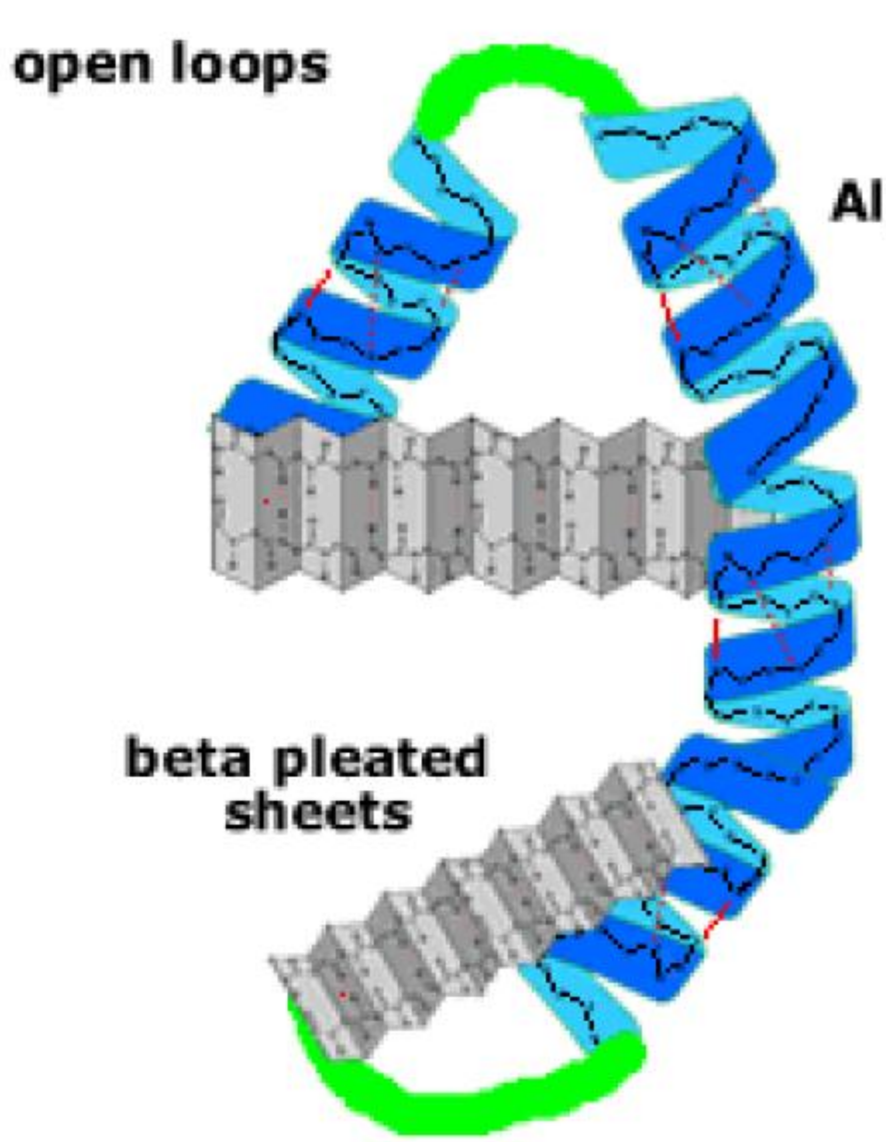
1. α - Helix –I
2. β- Pleated Sheet
3. المنحنى الحلزوني الكولاجيني

تركيب البروتينات الكروية

ما هو التركيب الثانوي المكون البروتينات الكروية؟

- البناء الثانوي للبروتينات الكروية معقد وهو عبارة عن خليط من: (3+2+1)

1. α-Helix
2. β-Sheet
3. Loop Structures.

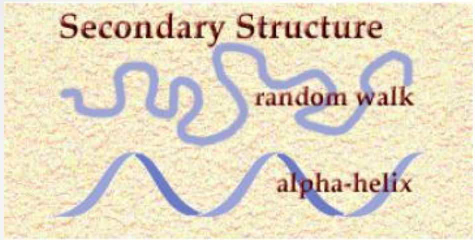


البناء الثانوي
للبروتينات
الكروية:

α-Helix
+
β-Sheet
+
Loop
Structures.

α - Helix ١- المنحنى الحلزوني – ألفا –

يوجد هذا الشكل فى بروتين الكيراتين (المكون للشعر والريش والصوف والجلد والأظافر..الخ ، وهو بروتين ليفي) .

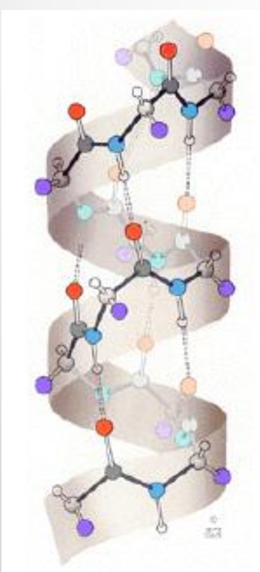


هو شكل لولبي يميني الألتفاف (لأنه يلتف مع اتجاه عقارب الساعة).

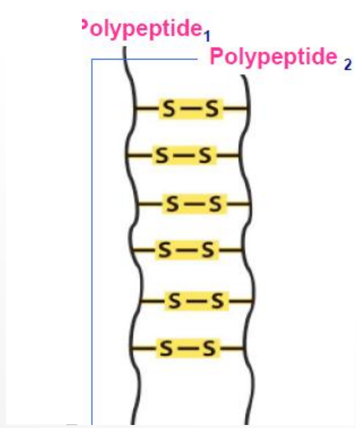
لكل دورة أو لفة من المنحنى الحلزوني يوجد ٣.٦ وحدة حمض اميني.

يكون هذا المنحنى ثابت الشكل ومستقر (لأن مجموعات الكربونيل المرتبطة بروابط ببتيدية ، ومجموعات الأمين تأخذ اتجاهات محددة فى المنحنى بحيث تتيح للروابط الهيدروجينية أن تتكون وتصل ذرات العمود الفقري ببعضها).

كل مجموعة كربونيل بالسلسلة الببتيدية سوف تشارك بذرة اكسجين لترتبط بروابط هيدروجينة مع ذرة الهيدروجين الخاصة لمجموعة الأمين والتى تبعد عنها مسافة ٣ أحماض أمينية. وبالتالى كل مجموعة كربونيل وليس كل مجموعة امين فى العمود الفقري ستشارك بذرة أكسجينها لترتبط مع ذرة هيدروجين مجموعة امين برابطة هيدروجينية.



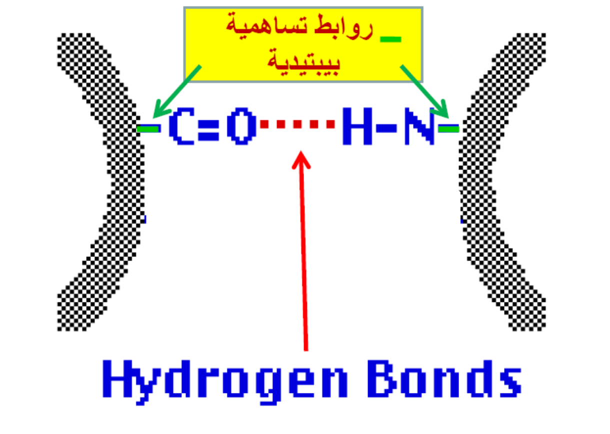
كل مجموعة كربونيل فى سلسلة عديد الببتيد تبعد عن مجموعة الامين المرتبطة معها برابطة هيدروجنية مسافة ٣ حمض اميني.

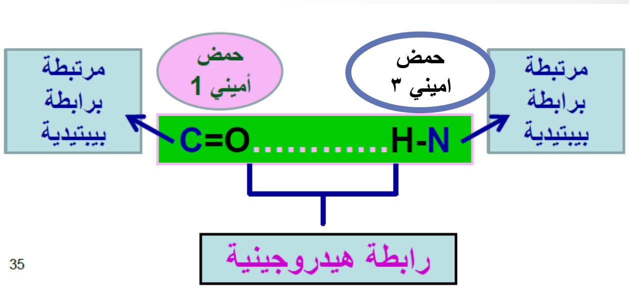


من الممكن أن ترتبط السلاسل الحلزونية بروابط ثنائية الكبريتيد وذلك فى حالة كانت السلسلة الببتيدية لاتحتوى على مجموعات امين وحلت محلها مجموعات السلفهايدرل (SH).

ما الذي يعمل على استقرارالمنحنى الحلزوني ألفا α-Helix ?

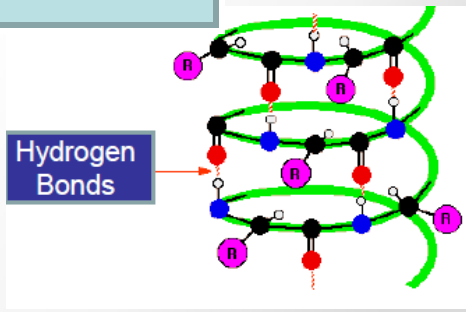
في هذا البناء الملتف نرى أن مجموعات الكربونيل $-\overset{O}{\overset{||}{C}}-$ ومجموعات الأمين NH – المرتبطة بروابط ببتيدية (أميدية) على طول السلسلة الببتيدية تأخذ اتجاهات محددة في المنحنى الحلزوني بحيث تتيح للروابط الهيدروجينية أن تتكون و تصل ذرات العمود الفقري (للسلسلة الببتيدية) بعضها ببعض، وبذلك يكون المنحنى ثابت الشكل ومستقر .





- هذه السلاسل الحلزونية مرتبطة ببعضها البعض بروابط هيدروجينية

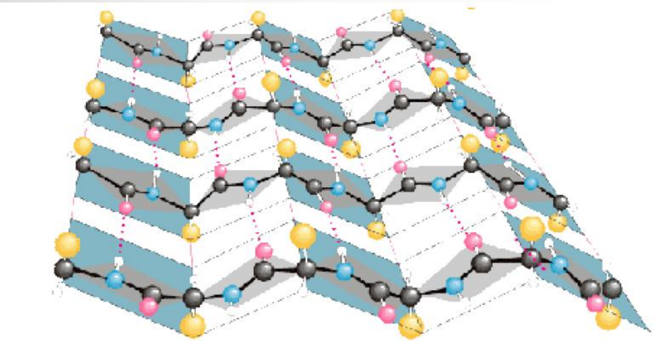
- كل مجموعة كربونيل ($-\overset{O}{\overset{//}{C}}-$) بالسلسلة الببتيدية سوف تشارك بذرة أكسجين لترتبط بروابط هيدروجينية مع ذرة هيدروجين لمجموعة أمين (-NH) تبعد عنها 3 أحماض أمينية فى السلسلة.



٢ـ أشكال بيتا المطوية (صفائح بيتا المطوية)

β- Pleated Sheet
β- Conformation

يوجد هذا الشكل فى بروتين الحرير(الفيبروين وهو بروتين ليفي) .



هو شكل متعرج يأخذ أشكال Zig Zag ويسمى هذا الشكل بالصفائح المطوية.

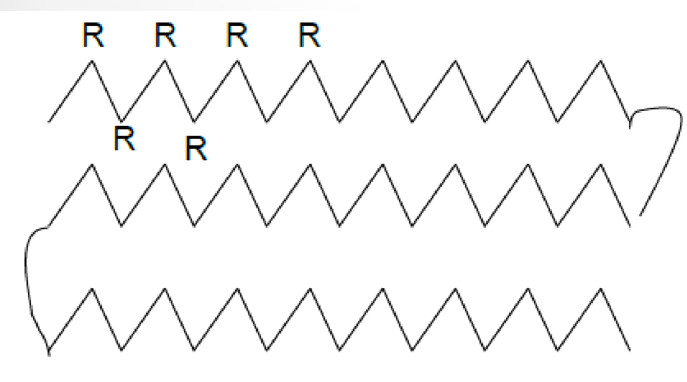
لكل دورة أو لفة من المنحنى الحلزوني يوجد ٣.٦ وحدة حمض اميني.

يكون هذا الشكل المتعرج ثابت الشكل ومستقر
(نتيجة وجود روابط هيدروجينية)

١ـ الروابط الهيدروجينية يمكن أن تكون فى نفس السلسلة التى تحتوى على عدة مناطق من الشكل بيتا

٢ـ الروابط الهيدروجينية يمكن أن تكون بين الصفائح فى سلاسل مختلفة من عديد الببتيد

بالنسبة للمجاميع الجانبية (R Groups) فإنها : تمتد بعيدًا السلسلة بمستويات عكسية فوق وتحت الصفيحة.

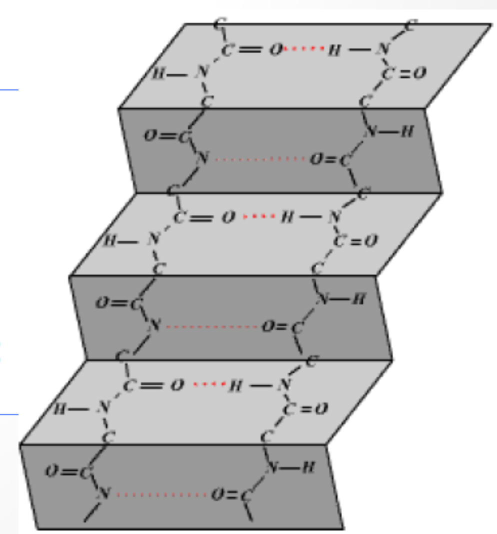


الصفائح المطوية β إما أن :

1. تنتج من سلسلتين ببتيديتين (أو أكثر)

أو

2. تنتج من(تتكون من) قطع مختلفة في نفس السلسلة الببتيدية .



٣- المنحنى الحلزوني الكولاجيني Collagen - Helix

يوجد هذا الشكل فى بروتين الكولاجين (وهو بروتين ليفي مهم فى العضلات والغضاريف والعظام والأنسجة) .

يختلف هذا الشكل عن المنحنى الحلزوني ألفا الذي يوجد فى الكيراتين

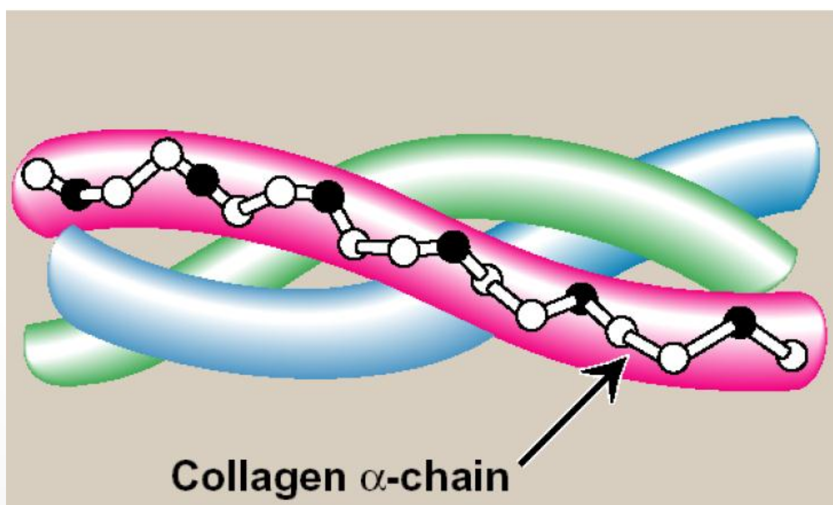
الكولاجين : بروتين ليفي فيه ثلاث سلاسل من عديد الببتيد ملتفة حول بعضها البعض مكونة شكل حلزوني بفضل وجود الروابط الهيدروجنية بين هذه السلاسل وهو غني بالحمضين الأمينين (البرولين والجلايسين).



يكون الشكل الحلزوني الكولاجيني ثابت ومستقر (نتيجة وجود روابط هيدروجينية بين هذه الروابط الثلاث)

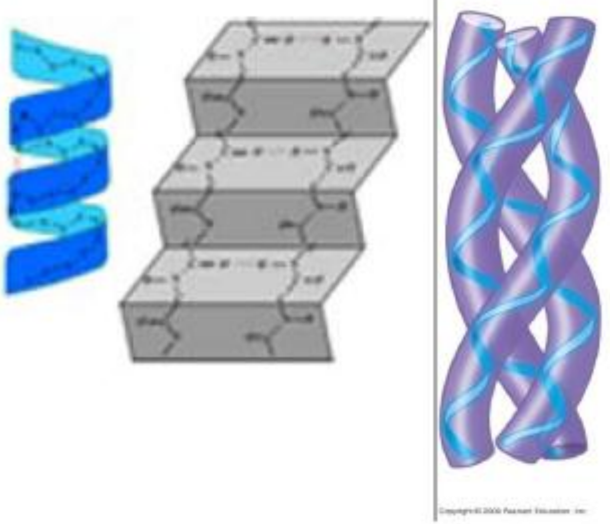
الشكل الحلزوني الكولاجيني (ثلاث سلاسل ببتيدية ملتفة حول بعضها كل منها على هيئة الحلزون ألفا)

يؤدي الشكل الحلزوني إلى اعطاء الكولاجين شكلًا ذو أبعاد ثلاثة (الطول ، العرض ، الإرتفاع)

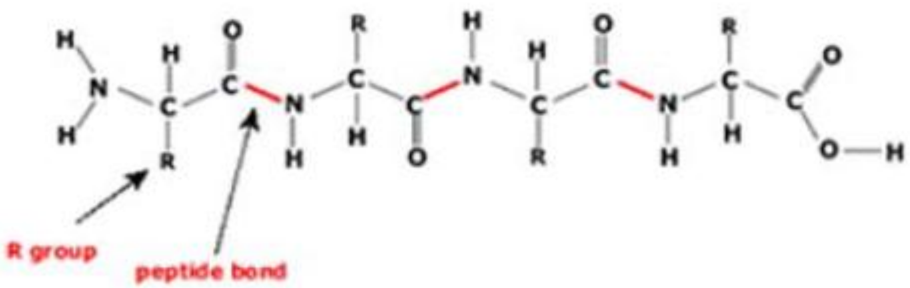


التركيب الأولي و الثانوي للبروتينات

التركيب الثانوي



التركيب الأولي



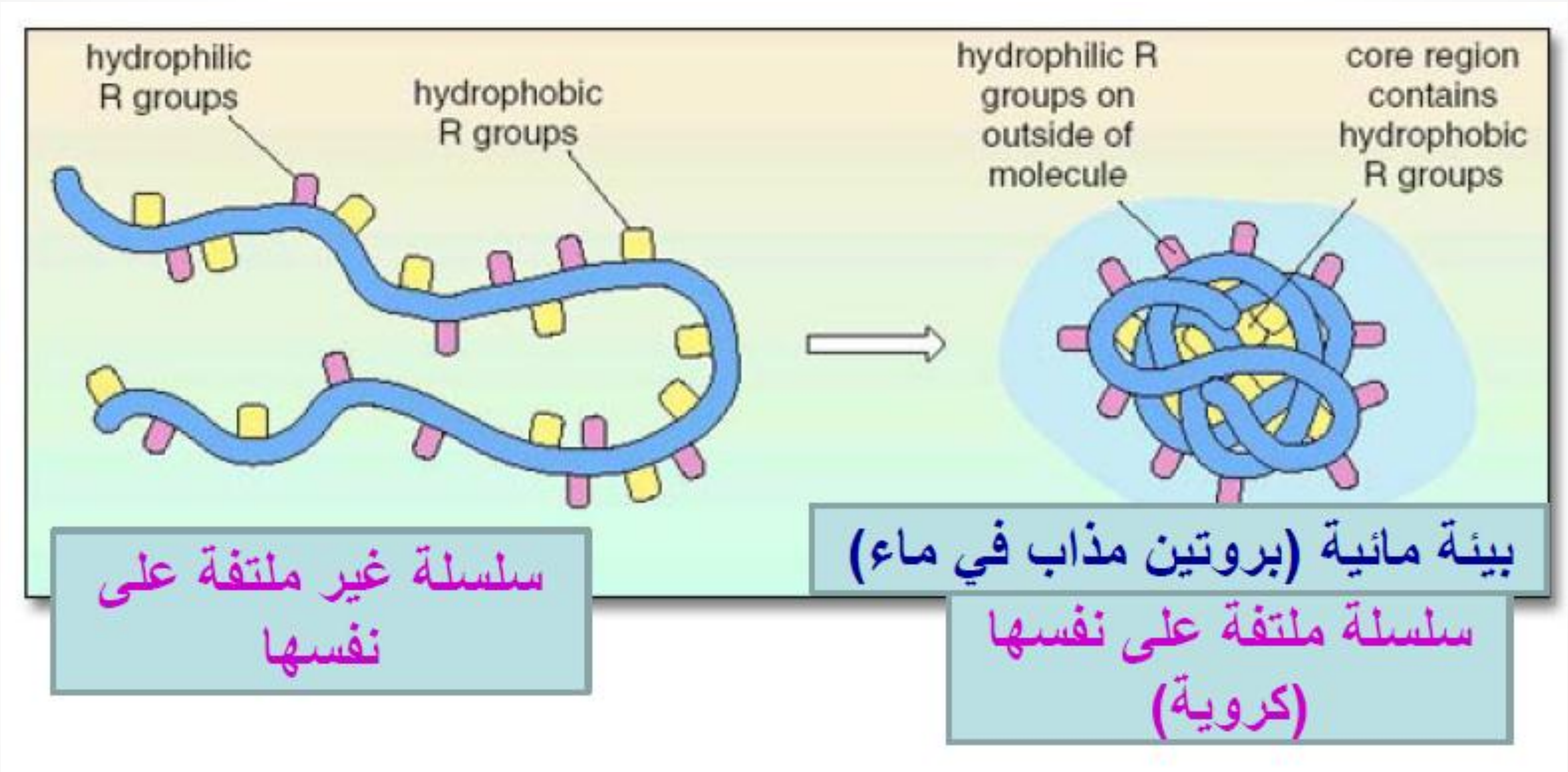
ثالثًا: التركيب الثلاثي للبروتينات

تعريفه

هو الشكل النهائي للسلسلة الببتيدية للبروتين وحيد القطعة.

أو

إلتفاف السلسلة الببتيدية حول بعضها البعض لتكون شكل كروي مميز لكل بروتين



ملحوظة : يكون البروتين فى مرحلة التركيب الثلاثي (أحادي القطعة) (بمعنى أنه يتكون من سلسلة واحدة فقط)

أسباب تكون الشكل ثلاثي الأبعاد المميز للبروتينات الكروية

١- تداخل المجاميع الجانبية (R Groups) أى تقاربها من بعضها البعض وتقليص المسافات فيما بينها

٢- تفاعلها كيميائيًا مع بعضها ، بحيث تجعل سلسلة عديد الببتيد مطوية بشدة وبصورة مكثفة ومرصوصة على هيئة كرة صوف.

٣- وجود مجموعة من الروابط تحافظ على استقرار هذا الشكل

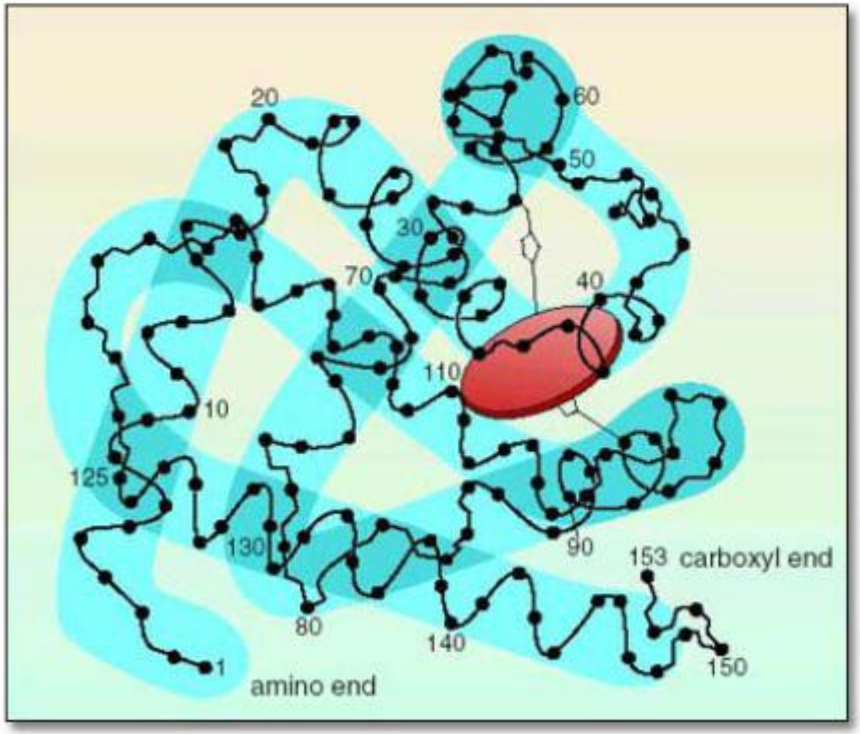
مثال على بروتين ذو تركيب ثلاثي

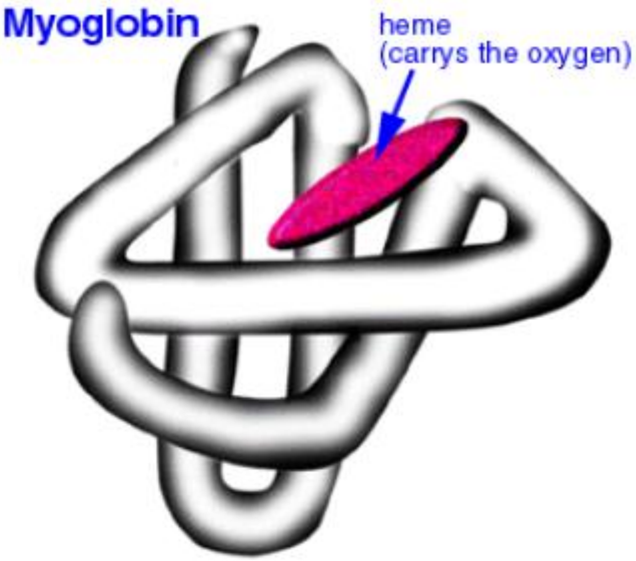
الميوجلوبين

التركيب الثلاثي للبروتينات

الميوجلوبين

بروتين أحادي السلسلة





الروابط التى تحافظ على استقرار وثبات الشكل الكروي المميز للتركيب الثلاثي

١- روابط ثنائية الكبريتيد

٢- روابط أيونية

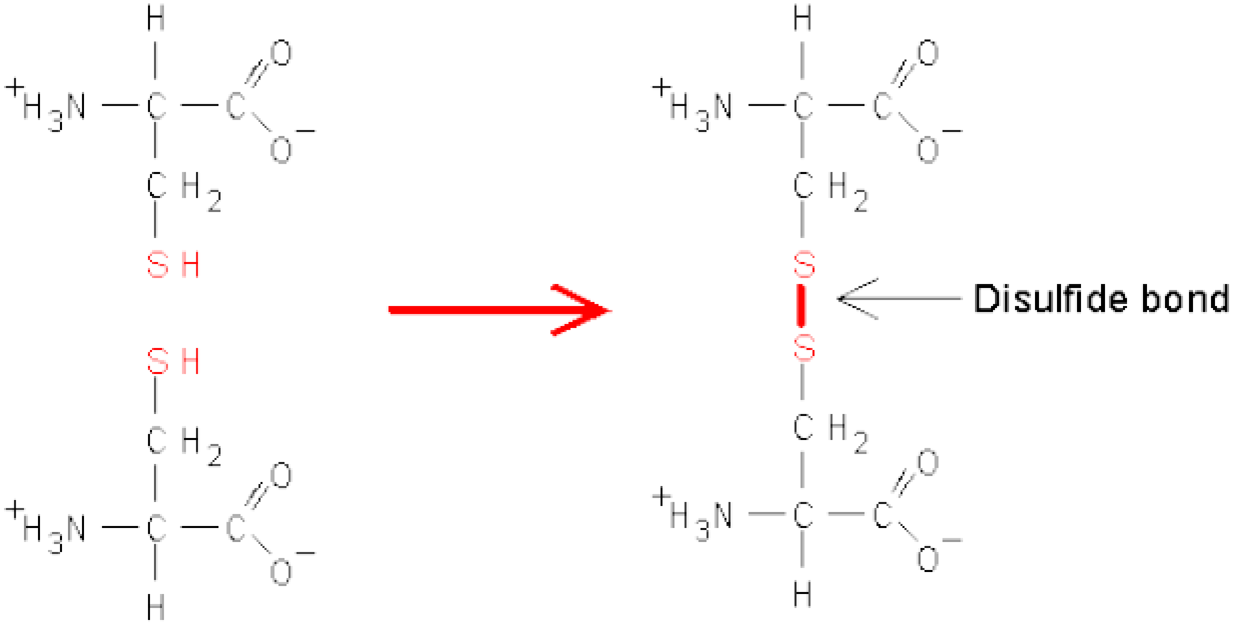
٣- روابط هيدروجينية

٤- قوى (روابط) فانديرفال

٥- روابط هيدروفوبية

استقرار التركيب الثلاثي للبروتينات

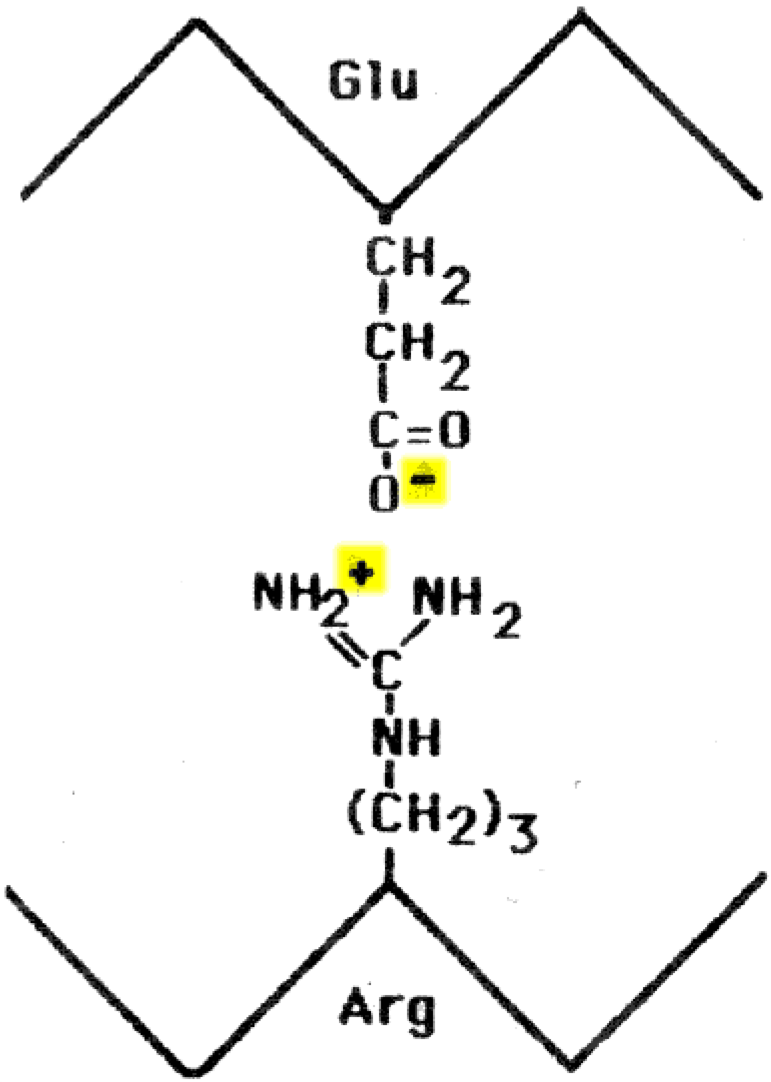
- يعزى استقرار التركيب الثلاثي إلى الروابط والقوى التالية في البروتين : **1** رابطة ثنائي الكبريتيد .



استقرار التركيب الثلاثي للبروتينات

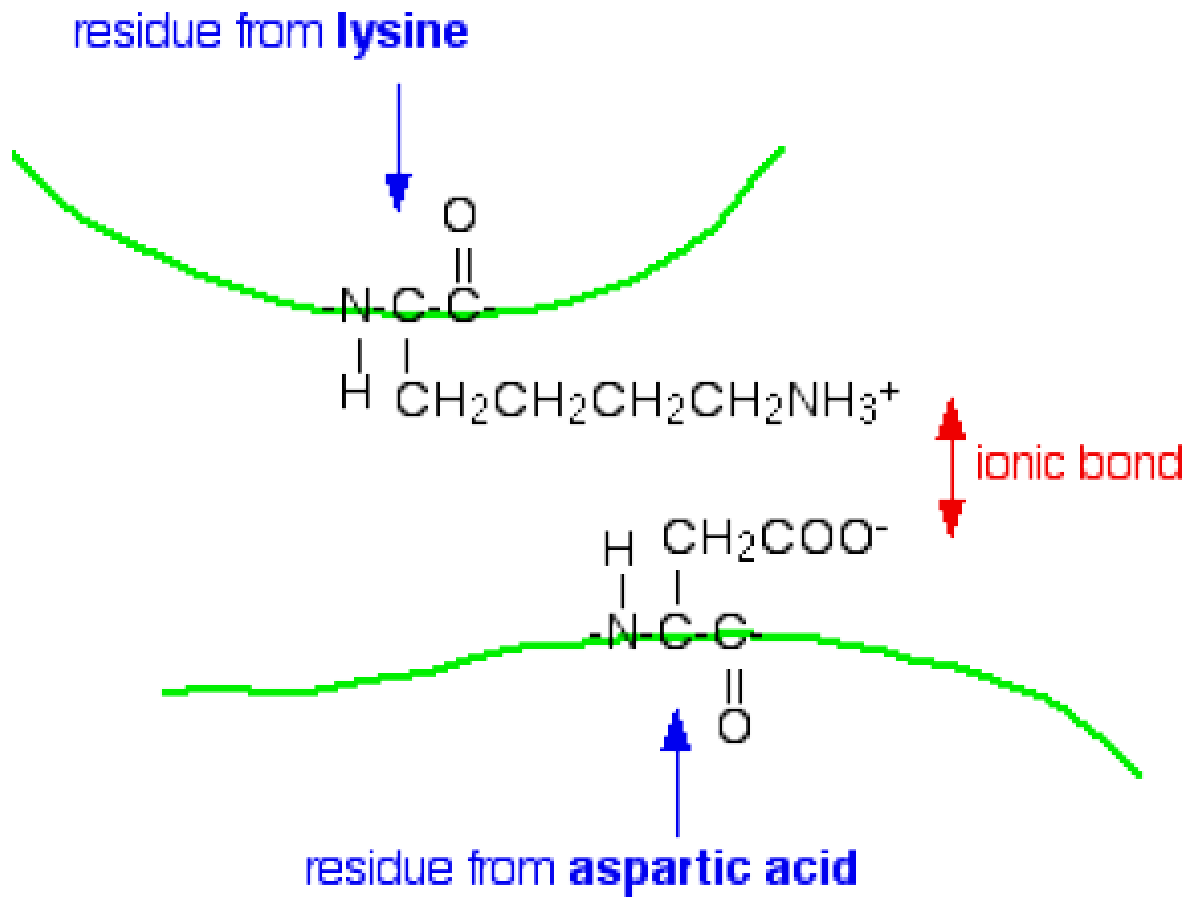
2 الروابط الإلكتروستاتيكية أو الروابط الأيونية

- كما يحصل عند تقارب مجموعة كربوكسيل من وحدة أسبارتك أسيد مثلاً من مجموعة أمين على وحدة أرجنين على سبيل المثال .
- أي أنها تتكون من ارتباط مجاميع الأمين ومجاميع الكربوكسيل المتأينة في السلاسل الجانبية للأحماض الأمينية المشحونة.



2 الروابط الإلكتروستاتيكية أو الروابط الأيونية

2 الروابط الإلكتروستاتيكية أو الروابط الأيونية



التركيب الثلاثي للبروتينات

3 الروابط الهيدروجينية :

- التي هي أساس تثبيت البناء الثانوي ، أما تثبيت البناء الثلاثي فيتم بإنشاء روابط هيدروجينية بين المجموعات الجانبية للوحدات المكونة للسلسلة الببيتيدية وهي تكون عادة بارزة على السطح لصفتها الغالبة وهي الشغف للماء Hydrophilic.

مثال : الرابطة المتكونة بين هيدروجين مجموعة الأمين وأكسجين من مجموعة الكربوكسيل في السلاسل الجانبية للأحماض الأمينية .

الروابط الهيدروجينية في التركيب الثلاثي

- الروابط الهيدروجينية بين المجموعات الجانبية (الـR Groups) تحدث في حالات عديدة، بين:

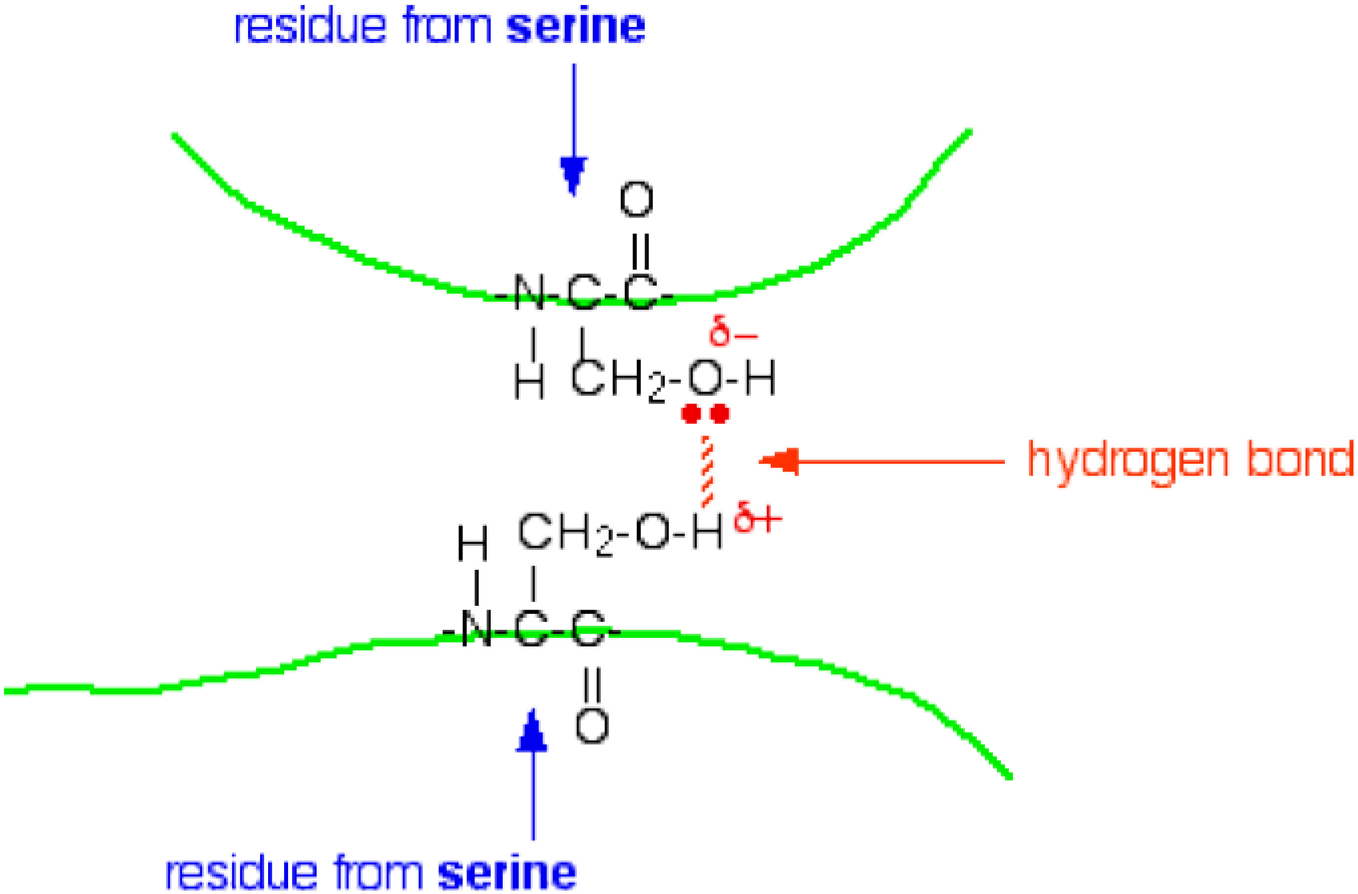
i. 2من الكحول (مجموعتين من OH-)

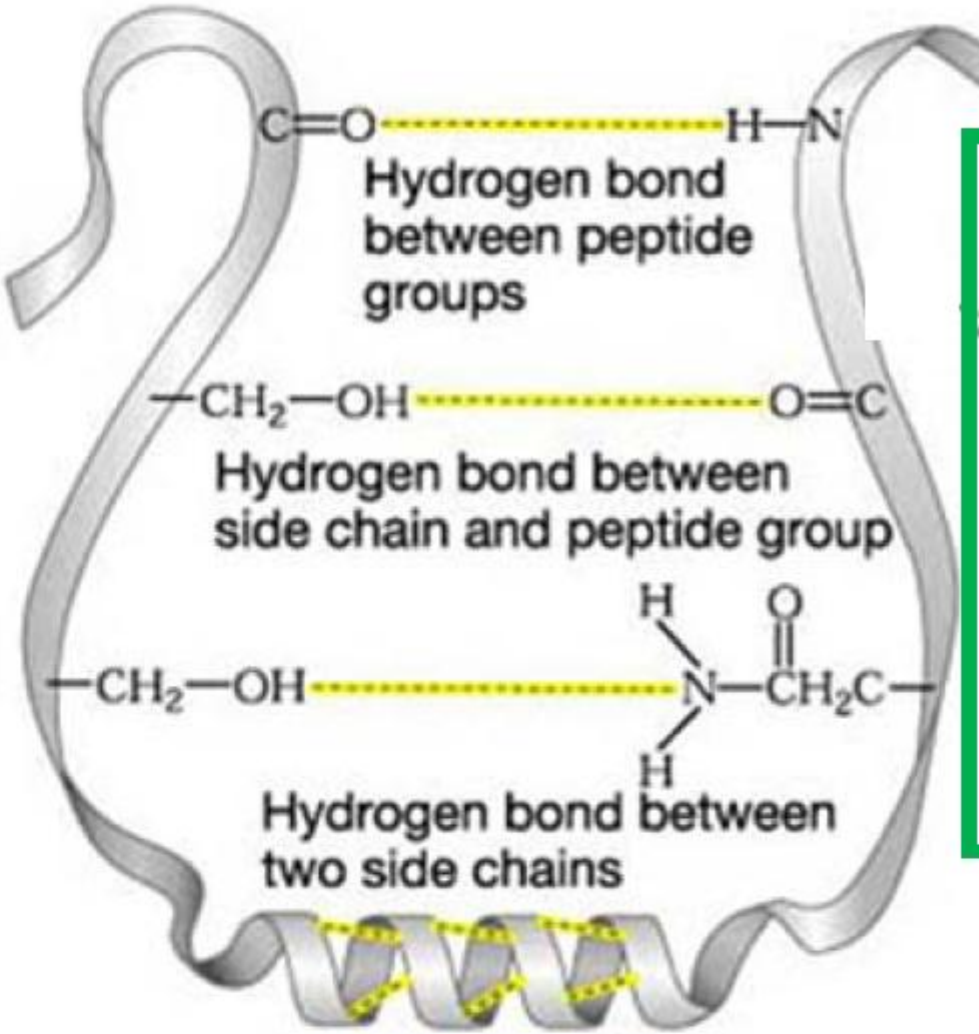
ii. كحول و حمض (مجموعة من OH- و مجموعة من COOH-)

iii. حمضين (مجموعتين من COOH-).

iv. كحول و مجموعة أمين أو مجموعة أميد.

الروابط الهيدروجينية 3





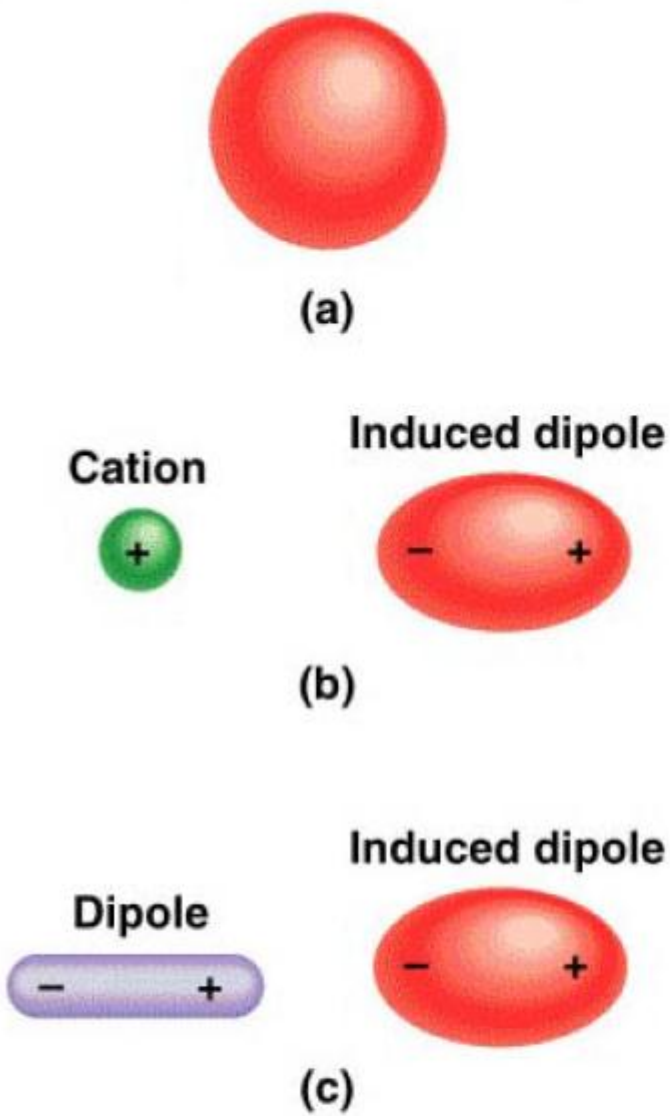
3 الروابط الهيدروجينية

قوى فاندیرفال في الجزیئات الكبیرة جدا

4 قوى فاندیرفال:

- أي **قوى فاندیرفال** هي تلك الروابط أو القوى التي تنشأ بین زوج من الأقطاب الكهربائیة: متساوین في القوة و **متضادین في** الشحنة و المفصولیين (القطبین) عن بعضهما بمسافة قصیرة.

4 روابط فاندرفالز



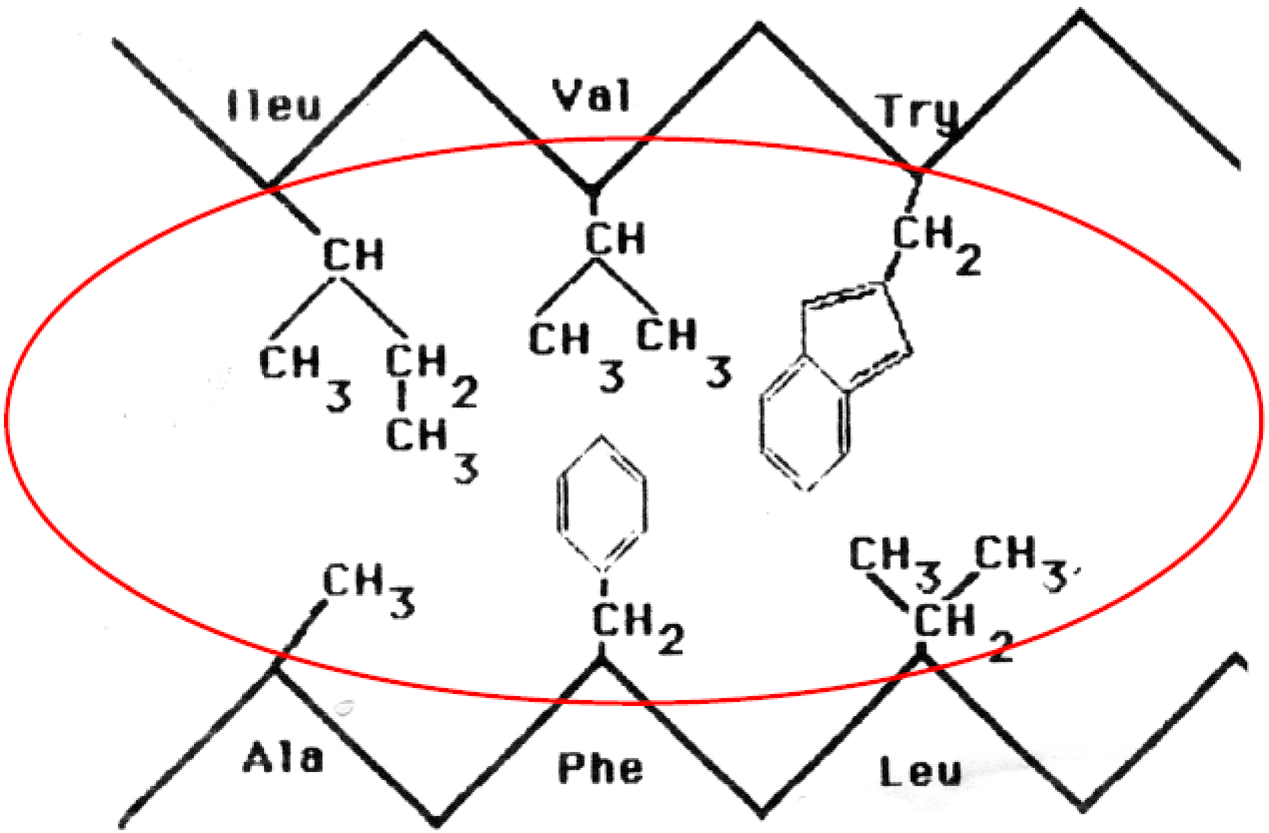
Ion-induced dipole interaction

Dipole-induced dipole interaction

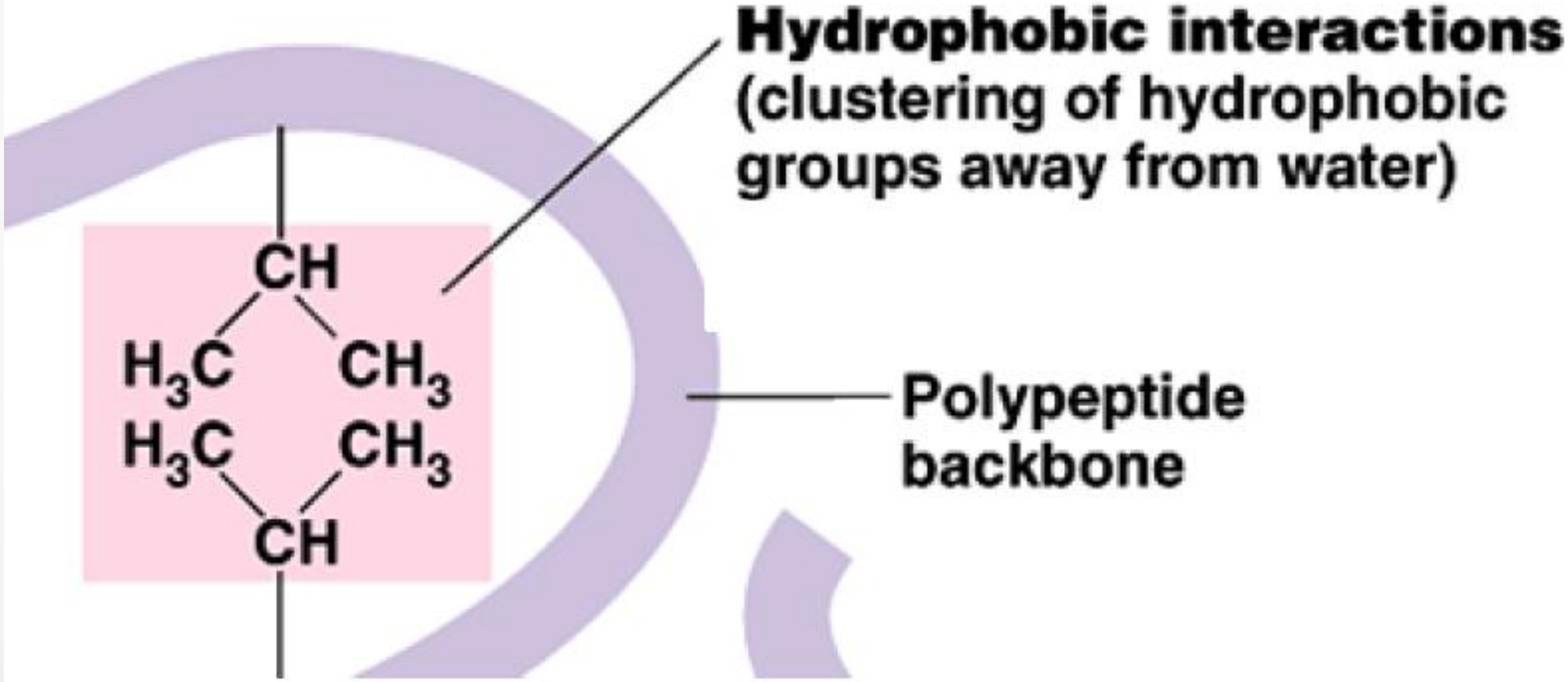
5 رابطة المجموعات الغير قطبية (الروابط الهيدروفوبية)

- وهي الرابطة التي تتكون بين السلاسل الجانبية للأحماض الأمينية المتعادلة الغير قطبية.
- تتنافر المجموعات الغير قطبية مع الماء وتتجاذب مع بعضها البعض مثل مجموعات الفينيل أو مجموعة الميثيل وتكون في جزء البروتين (الكروي) الداخلي ، الهيدروفوبي) الكاره للماء).

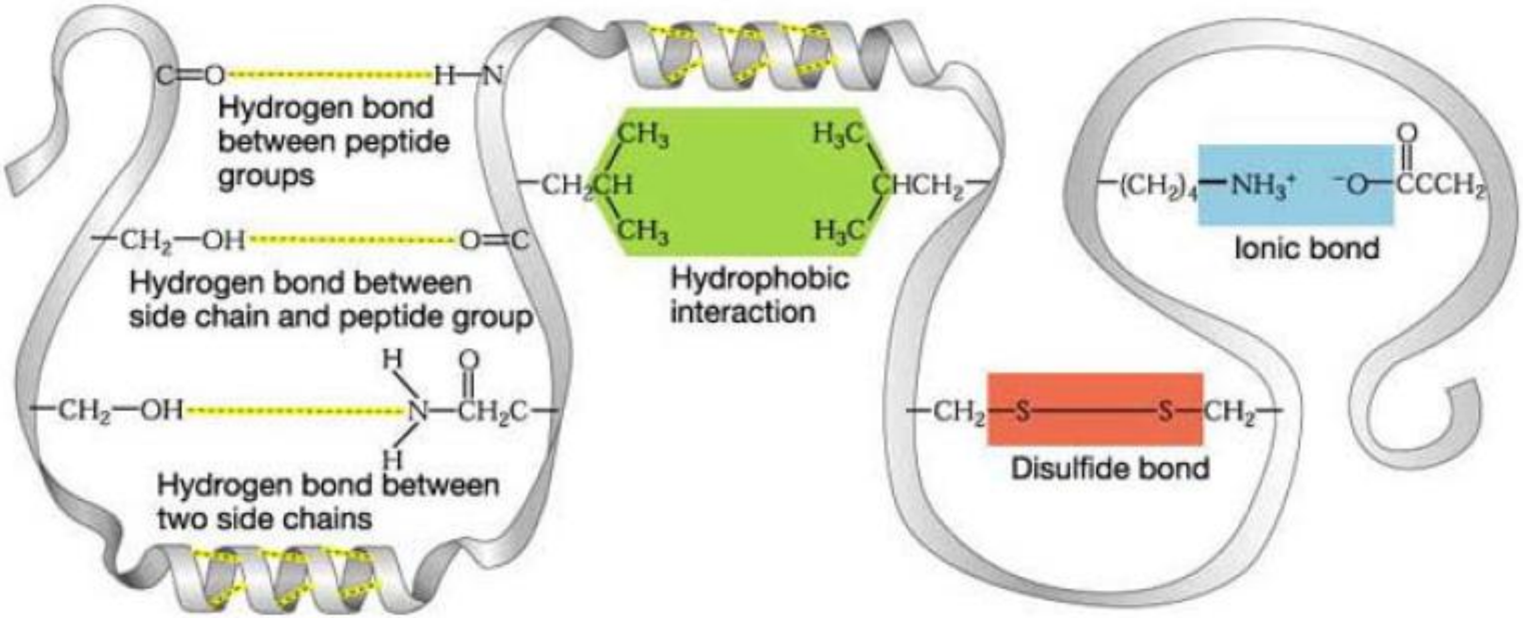
5 رابطة المجموعات الغير قطبية
(الروابط الهيدروفوبية)



5 رابطة المجموعات الغير قطبية
(الروابط الهيدروفوبية)



أنواع الروابط المسببة لاستقرار التركيب الثلاثي للبروتين



1- روابط ثنائي الكبريتيد
2- روابط أيونية

3- روابط هيدروجينية
4- روابط هيدروفوبية

٥- قوى فانديرفال

رابعًا: التركيب الرباعي للبروتينات

IV. التركيب الرباعي للبروتينات

- معظم البروتينات الكروية التي تزيد أوزانها الجزيئية عن 50.000 تكون قليلة القطع ، أي تتكون من سلسلتين أو أكثر من سلاسل متعددة الببتيد .
- يطلق على هذه السلاسل (2 أو أكثر) للبروتينات بالشكل الرباعي للبروتين .

الروابط التي تسبب استقرار التركيب الثلاثي هي نفسها التي تسبب استقرار التركيب الرباعي للبروتين:

روابط ضعيفة غير تساهمية و روابط تساهمية

مثال على بروتينات ذات تركيب رباعي

١ ـ الهيوجلوبين : يتكون من اربع سلاسل ببتيدية (٢ ألفا و ٢ بيتا) تتلائم مع بعضها لتكون شكل رباعي الأسطح.

٢ ـ هرمون الأنسولين : يتكون من سلسلتين مختلفتين من عديد الببتيد ، تربطهما رابطتين من روابط ثنائية الكبريتيد.

البنية التركيبية للجزيئات البروتينية

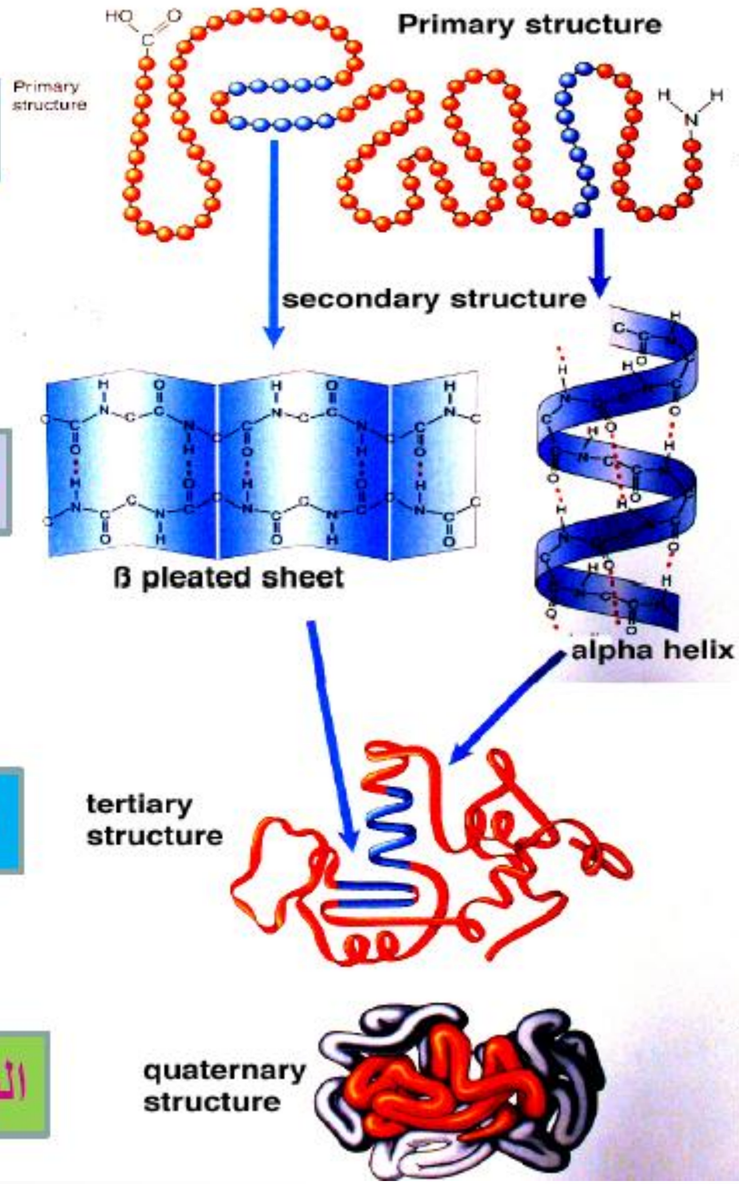
من التركيب الأولي إلى التركيب الرباعي

التركيب الأولي

التركيب الثانوي

التركيب الثلاثي

التركيب الرباعي



Goodbye!



- By : Mustafa Ahmed